Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas

Teresita de Jesús Romero López email: teresita@cih.cujae.edu.cu
Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH),
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae). Habana.

Dabiel Vargas Mato email: dabiel@civilmail.cujae.edu.cu
Centro de Investigaciones Hidráulicas (CIH),
Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría (Cujae). Habana.

RESUMEN
Los microorganismos eficientes han sido reportados como una alternativa para solucionar los problemas de contaminación hídrica. Ellos pueden utilizar los compuestos contaminantes presentes en las aguas como fuente de carbono y energía para su metabolismo y crecimiento; de ahí que el presente trabajo tuviera como objetivo monitorear cambios físicos, químicos y microbiológicos que se producen en las aguas tras la aplicación del producto Versaklin (constituido por estos microorganismos) en 10 puntos ubicados en una zanja del municipio de Güines, provincia Mayabeque, Cuba. Se realizaron muestreos a las 0 h, 24 h y 48 h posteriores a su aplicación. Se concluyó que la mayor eficiencia en la remoción de los distintos parámetros estudiados se alcanzó a las 24 h de aplicado el Versaklin, disminuyendo la presencia de microorganismos propios de las aguas contaminadas.

Palabras clave: microorganismos eficientes, remoción, Versaklin, zanja.

Efficient microorganisms in polluted water treatment

ABSTRACT
Efficient microorganisms have been reported as an alternative to solve hydric contamination problems, because they can use polluting compounds existing in waters as a carbon source and energy for their metabolism and growth. For that reason the present work had as objective to determine physical, chemical and microbiological changes, that take place in wastewaters after Versaklin product application (constituted by those microorganisms) in 10 points located in Güines ditch, Mayabeque, Cuba. For accomplishment of the study, after Versaklin inoculation, samplings were collected at 0 h, 24 h and 48 h. After those studies it was possible to conclude that the best removal of different parameters took place at 24 h after the Versaklin application, almost eliminating the presence of microorganisms typical of polluted waters.

Keywords: efficient microorganisms, removal, Versaklin, ditch.

CITMA CERTIFICADO

recibido: Abril 2017	aprobado: Septiembre 2017

SciELO

VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

INTRODUCCIÓN

Durante los próximos 50 años, los problemas relacionados con la falta de agua o la contaminación del vital líquido afectarán, prácticamente, a todos los habitantes del planeta, por lo que el mundo se verá abocado a la búsqueda de soluciones en este sentido.

En la actualidad, las ciudades vierten aguas residuales parcialmente tratadas y no tratadas en las aguas superficiales y subterráneas de las inmediaciones. Con los vertidos de procesos industriales, más la infiltración de los residuos de fertilizantes y plaguicidas utilizados en la agricultura, desechos domésticos y otros, aumenta la carga contaminante. El resultado es que sólo alrededor de un tercio del recurso potencial, probablemente unos 12 500 km^3 por año, se puede aprovechar para las necesidades de las personas, proporción que va disminuyendo a medida que aumenta la contaminación (OMS 2013).

Se estima que más de cinco millones de personas mueren anualmente de enfermedades vinculadas con el consumo de agua contaminada, servicios sanitarios inadecuados y una higiene rudimentaria. La salud humana depende de un suministro de agua inocua y por ende segura, y de servicios sanitarios fiables.

Hay una gran variedad de métodos para la descontaminación de aguas y aguas residuales (AR), entre los que se encuentran la utilización de microorganismos, denominados eficientes (ME), y su importancia resulta de que ellos no generan subproductos contaminantes y, además, son eficientes (López 1981). Un buen ejemplo es el sistema a partir de lodos activados, que se basa en el trabajo de las bacterias, para degradar los desechos existentes en el agua (García 2001).

En un inicio estos microorganismos fueron utilizados para mejorar la calidad del suelo y la eficacia del uso de la materia orgánica por las plantas respectivamente, así como suprimir putrefacción (incluyendo enfermedades). Este estudio fue desarrollado por el Doctor Teruo Higa en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón, y se completó en 1982 (EEAITAJ 2013).

Posteriormente, los ME se han aplicado en diferentes contextos como las actividades pecuarias (apicultura, porcicultura, ganadería, acuacultura), rellenos sanitarios, botaderos de basura y desechos, tratamiento de los suelos, de aguas y aguas residuales, etcétera. En el informe realizado por Productores y Distribuidores de EM1 en México (EM Yucatán s/a), se exponen los distintos usos que se les pueden dar a los ME, tales como sustitutos de artículos de aseo (limpiador de piso, baño y cocinas), para eliminar el olor desagradable a humedad y drenaje, en la conservación de frutas y verduras, para reducir la contaminación de los lodos sépticos, en trabajos de construcción y restauración, jardinería, terapia medicinal y otros muchos más.

La base de la tecnología de ME es la mezcla de diferentes tipos de microorganismos, todos ellos benéficos, que poseen propiedades de fermentación, producción de sustancias bioactivas, competencia y antagonismo con patógenos, todo lo cual ayuda a mantener un equilibrio natural entre los microorganismos que conviven en el entorno, trayendo efectos positivos sobre la salud y bienestar del ecosistema.

La utilización de ME posibilita que el agua servida de viviendas, ciudades y fábricas, entre otras, puedan ser tratadas de una manera que asegure que su retorno al medio ambiente se produzca de forma segura y pueda restaurar el balance ecológico del área.

Basado en el conocimiento anterior, en Cuba se ha desarrollado un producto en el Instituto Carlos J. Finlay (denominado Versaklin) que ha sido aplicado en aguas y aguas residuales, así como lagunas, zanjas, ríos y fuentes de abasto, donde se han detectado afectaciones de la calidad de las aguas terrestres con peligro para la salud humana; de ahí que el interés de esta institución sea continuar el estudio, entre otros, de la eficacia del mismo para las distintas situaciones expuestas, en aras de disminuir ese tipo de contaminación en diferentes zonas del país.

En el presente documento se darán los resultados obtenidos derivados del uso del Versaklin como vía para mejorar la calidad de las aguas que fluyen por las zanjas del Municipio Güines, en Mayabeque (tanto física, química y microbiológica), a las que se le han incorporado residuos urbanos fundamentalmente, teniendo en cuenta que en ellas es donde, con mayor frecuencia, se da la presencia de microorganismos que pueden causar enfermedades y consecuentemente atentar contra la salud humana, animal y vegetal del ambiente donde coexisten.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación geográfica de la zona y área de estudio

El área de estudio corresponde al municipio Güines en la provincia Mayabeque, Cuba, y posee una longitud territorial de 445 km^2, ocupando el casco urbano el 30 % del espacio geográfico.

En esta zona se extiende toda una red fluvial que atraviesa el territorio compuesta por zanjas alimentadas con agua de la presa Pedroso.

La Comunidad de Regantes, enclavada en este municipio, fue utilizada en investigaciones anteriores por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) en el año 2014, con la finalidad de comprobar la efectividad de los ME aplicados en la red pluvial. Para esto se creó, por la Empresa de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos (EARH) de Mayabeque, un polígono experimental constituido por 10 puntos distribuidos en las zanjas del territorio (figura 1).

Dichos puntos se correspondieron con las zonas siguientes: punto 0 (Compartidor); 1 (Terminal de Ómnibus); 2 (Pasaje de Casimiro); 3 (Calle Reina); 4 (Bodega Alejandría); 5 (Callejón de Pedro); 6 (Microbrigada); 7 (Terminal de Trenes); 8 (Ferrocarril); 9 (Carretera Playa Rosario).

La activación de los ME se realizó a una temperatura entre los 25 °C y 40 °C. La proporción Versaklin:agua que se utilizó fue de 1:10, misma que dictaminó el Instituto Finlay por los resultados obtenidos en estudios precedentes (laguna Campo Florido; zanjas de San Miguel del Padrón, Caibarién y Cumanayagua, todos en 2013).



Figura 1. Polígono experimental en zanjas del casco urbano Güines: puntos de monitoreo

La aplicación se realizó en cada uno de los puntos señalados anteriormente de manera indistinta y de forma puntual, con el auxilio de un carro pipa, previa medición del caudal y velocidad del agua, que ofrecieron valores promedio de 0,06 m^3/s y 0,13 m/s respectivamente, y basado en los requerimientos y condiciones de aplicación expuestos por Vargas (2014), no contemplándose esta vez las variaciones horarias y que, según habitantes de la zona, no son muy marcadas.

Se destaca que en estos tipos de canales se presentan procesos acumulativos en general, causados por irregularidades en la sección transversal capaces de propiciar la retención del líquido, originando las llamadas zonas muertas (Atkinson and Davis 2000), (Romero et al. 2006); de ahí que el presente estudio se realizara en las condiciones más reales que ofrecen dichos canales.

La evaluación de las características físico químicas y microbiológicas de las aguas muestreadas en septiembre de 2014, correspondió a los parámetros temperatura (T), pH, demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días (DBO_5), demanda química de oxígeno (DQO), oxígeno disuelto (OD), nitrito (NO_2^-), nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+), fosfato (PO_4^{3-}) y coliformes fecales (CF). Los métodos utilizados para la determinación de cada uno de ellos se exponen en la tabla 1.

El monitoreo se efectuó antes y después de la aplicación del producto, tres días consecutivos.

Tabla 1. Parámetros físicos, químicos y microbiológicos analizados y métodos empleados

Parámetro	Método de Análisis
pH	Electrométrico (con pH-meter)
T (°C)	Electrométrico (con termómetro)
OD (mg/L)	Con oxímetro
DBO_5 (mg/L)	Diluciones
DQO (mg/L)	Dicromato de potasio
NH_4^+ (mg/L)	Colorimétrico
NO_2^- (mg/L)	Colorimétrico
NO_3^- (mg/L)	Colorimétrico
PO_4^{3-} (mg/L)	Reducción del ácido ascórbico
CF (NMP/100 mL)	Técnica de los tubos múltiples de fermentación para miembros del grupo coliformes
fuente: APHA (2005)	

El Versaklin

El Versaklin está compuesto por organismos benéficos y altamente eficientes que no son nocivos, ni patógenos, ni genéticamente modificados, ni químicamente sintetizados (tabla 2).

Tabla 2. Características del producto Versaklin

Composición Cuantitativa	
Ácido Lácteo (mg/L)	30- 90
Ácido Acético (mg/L)	10- 30
Bacterias aerobias (UFC/mL)	10^6- 10^7
Hongos y Levaduras (UFC/mL)	10^6- 10^8
Azúcares reductores (g/L)	1-2
fuente: Agüero (2013)	

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Análisis de los parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas en los diferentes puntos de muestreo

Los resultados obtenidos producto de la caracterización física, química y biológica de las aguas de las zanjas se muestran a continuación.

Parámetros físicos
pH: uno de los parámetros con influencia sobre la calidad del agua es el pH. Durante el tiempo de monitoreo, el mismo se mantuvo constante con valor promedio de 7.3, siendo este un valor adecuado para el desarrollo y colonización de los microorganismos benéficos, principalmente en zonas muertas.

Temperatura: la temperatura osciló entre 25,5 °C y 28,2 °C, condición que beneficia el crecimiento de los microorganismos a favor de la degradación de la materia orgánica, expresado en la disminución de la DBO_5, DQO y coliformes, mejorando así las condiciones higiénico-sanitarias de la zanja evaluada.

Parámetros químicos
Demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno: la DBO_5 correspondiente a las aguas de los 10 puntos de muestreo se comportó como se muestra en la figura 2.

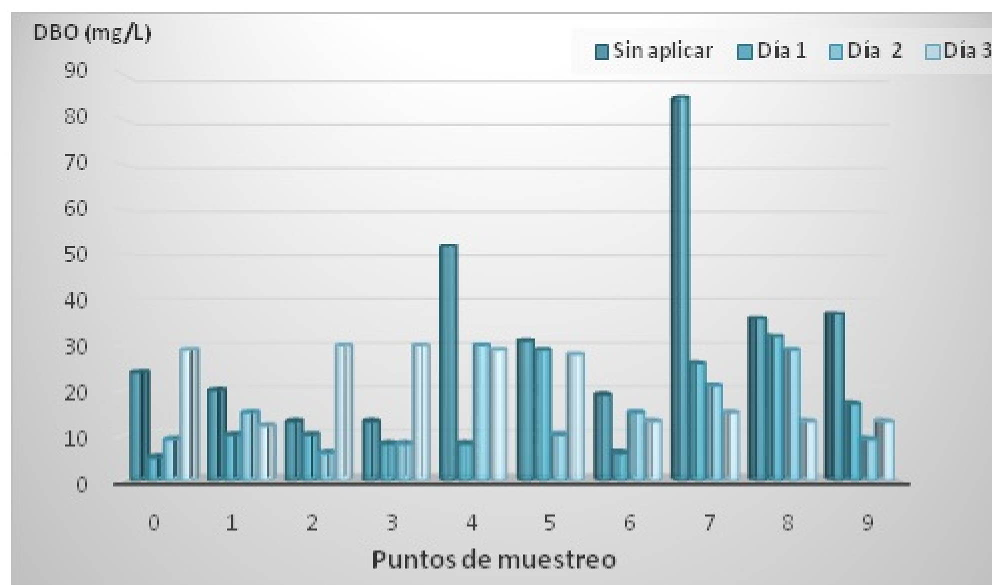


Figura 2. Concentraciones de DBO_5 halladas en las zanjas de estudio antes y después de aplicar el Versaklin

Se denota que, transcurrido un día de aplicado el producto, en la mayoría de los puntos la DBO_5 disminuyó notablemente, lo que significa que este producto es capaz de interactuar con la materia orgánica de las aguas, aunque al segundo día el patrón no fue totalmente similar, apreciándose una tendencia al aumento de este parámetro de forma discreta en algunas estaciones de muestreo, para hacerse aun superior en los puntos 0; 1; 4 y 6 y mantenerse similar en el 3 y el 8.

Disminuciones consecuentes de la DBO_5 mostraron los puntos 7; 8 y 9 respectivamente, al término del tercer día de muestreo.

Este panorama indica que el producto actúa sobre la materia orgánica de forma inmediata, es decir, en el transcurso de las 24 horas, logrando disminuir el grado de contaminación existente.

Sin embargo, pueden existir otros factores que impidan que se mantenga un ritmo similar en el tiempo; tal es el caso del aporte lateral de contaminantes u otro, demostrado a su vez al estudiar un modelo de dispersión de contaminantes con zonas muertas en el punto 2 (Vargas 2014).

El comportamiento de la DQO, muy similar al de la DBO_5 se representa en la figura 3.

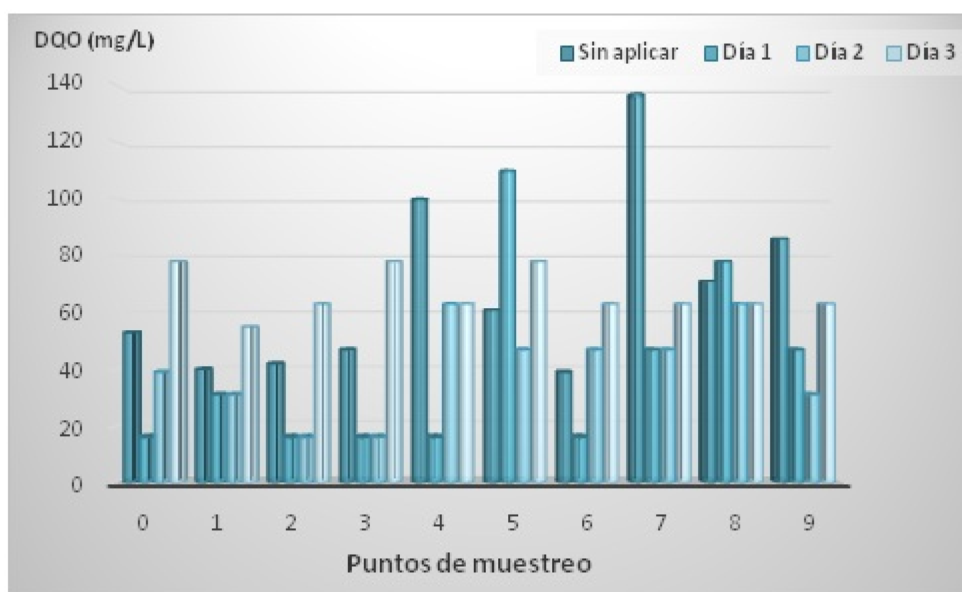


Figura 3. Concentraciones de DQO halladas en las zanjas de estudio antes y después de aplicar el Versaklin

Las concentraciones de DBO_5 y de DQO se utilizaron, además, para hacer la evaluación de nivel de biodegradación del residual líquido durante el tiempo de muestreo. Para ello se valoró el índice de biodegradabilidad (IB) presentado en la ecuación (1).

$$IB = \frac{DQO}{DBO_5} \qquad (1)$$

A partir de los datos obtenidos y estableciendo la relación antes señalada, se concluyó que las aguas monitoreadas en los distintos días se enmarcaron entre biodegradables y medianamente biodegradables (tabla 3), reportándose un coeficiente de determinación r^2 entre ambos indicadores de 0,734.

Tabla 3. Características de las aguas en cuanto a su biodegradabilidad

Punto	Aplicación	DQO/DBO	Condición	Punto	Aplicación	DQO/DBO	Condición
0	Sin aplicar	2,2	B	**5**	Sin aplicar	2,0	B
	1ra	3,2	MB		1ra	3,8	MB
	2da	4,3	MB		2da	4,7	MB
	3ra	2,7	MB		3ra	2,8	MB
1	Sin aplicar	2,0	B	**6**	Sin aplicar	2,1	B
	1ra	3,1	MB		1ra	2,7	MB
	2da	2,1	B		2da	3,1	MB
	3ra	4,6	MB		3ra	4,8	MB
2	Sin aplicar	3,2	MB	**7**	Sin aplicar	1,6	B
	1ra	1,6	B		1ra	1,8	B
	2da	2,7	MB		2da	2,2	B
	3ra	2,1	B		3ra	4,2	MB
3	Sin aplicar	3,6	MB	**8**	Sin aplicar	2,0	B
	1ra	2,0	B		1ra	2,4	B
	2da	2,0	B		2da	2,2	B
	3ra	2,6	MB		3ra	4,8	MB
4	Sin aplicar	1,9	B	**9**	Sin aplicar	2,3	B
	1ra	2,0	B		1ra	2,8	MB
	2da	2,1	B		2da	3,4	MB
	3ra	2,2	B		3ra	4,8	MB
		B: biodegradable		MB: medianamente biodegradable			

Hay autores que han logrado remociones significativas de DBO y DQO al aplicar ME a diferentes residuales, tal como se muestra en la tabla 4, asumiendo así que el uso de estos microorganismos es ventajoso para los fines de tratamiento.

Tabla 4. Remoción de DBO y DQO según diferentes autores, al aplicar ME a las aguas residuales de procedencias diversas. (fuente: Toc 2012)

Procedencia del residual	Remoción DBO (%)	Remoción DQO (%)	Autores
Aguas granja porcina (ME Zamorano)	96	96	Toc (2012)
Aguas granja porcina (ME Comercial)	98	97	Toc (2012)
Aguas industria azucarera (elaboración panela)	91	93	López et al. (2006)
Aguas industriales	78	69	Wisznienski (2006)
Aguas industria láctea	50	40	Páez (2011)

Oxígeno disuelto (OD): teniendo como referencia que la obligación que establece la norma cubana NC 27 (2012) para soportar una diversidad de vida acuática normal en un mínimo aproximado de OD de 2 - 4 mg/L, se discuten a continuación los resultados obtenidos referidos a este indicador.

En tres puntos (4, 5 y 8) y de forma intermitente, se presentaron concentraciones de OD inferiores a 2 mg/L, valores considerados bajos y fundamentados posiblemente por los aportes territoriales que se producen en las zonas colindantes a la zanja.

En estos mismos puntos, tanto la DBO_5 como la DQO mostraron valores que indican, hasta cierto punto, la dependencia que existe entre el OD y la degradación de la materia orgánica presente en el agua, tal y como lo señalaran Metcalf y Eddy (2001).

Por su parte, en el punto 2 no se presenció aumento del OD, alcanzando en todos los muestreos concentraciones de 1 mg/L. Este tramo de zanja recibe los aportes más importantes de todos los estudiados, atravesando la parte de la comunidad con mayor densidad de población, la cual vierte sus desechos líquidos al medio, lo que posiblemente pueda contribuir a que la demanda de oxígeno del componente orgánico presentara valores hasta de 63 mg/L en términos de DQO.

En los restantes puntos, el OD varió significativamente, situación que pudo estar relacionada con el desbalance de carga orgánica que se evidencia en los diferentes tramos de zanja o por la lluvia, que también escurre sus aguas hacia la propia zanja que atraviesa la ciudad.

Formas nitrogenadas

Los resultados obtenidos para el NH_4^+, el NO_2^- y el NO_3^- estuvieron condicionados por los aportes de los albañales del poblado de Güines, tanto de la población como de las entidades que están radicadas en dicha localidad.

El NH_4^+ fue disminuyendo en el tiempo en todos los puntos, desde concentraciones entre 0,1 y 0,4 mg/L hasta 0,01 mg/L al segundo día. Atípicos fueron el punto 2 y el 7, que experimentaron alzas en sus concentraciones, aunque discretas, al primero y segundo día, respectivamente, de inoculado el producto.

Esto pudo estar provocado por el efecto acumulativo de los aportes de aguas residuales de la ciudad, debido a su ubicación en la salida de las zanjas de Güines (figura 4).

Kyan et al. (1999) resaltan en sus apuntes el papel de los ME en la remoción del NH_4^+, además de otras fuentes como el metano (CH_4) y el sulfuro de hidrógeno (H_2S), que ocasionan problemas en los cultivos de especies acuáticas principalmente.

Por los resultados obtenidos en los muestreos se pudo observar que en cinco puntos de estudio el NO_2^- disminuyó, fundamentalmente, a las 24 h de inoculado el producto, aunque después, y en la mayoría de los casos, comenzó a aumentar e incluso en ocasiones retomó su valor inicial. En los restantes puntos el NO_2^- no disminuyó durante el período de estudio en 48 h.

En el punto 7 se presentó un cambio significativo de 0,1 a 2,5 mg/L, siendo una de las causas posible el efecto acumulativo de los aportes de aguas residuales de la ciudad, debido a su ubicación en la salida de las zanjas de Güines (figura 4).

El NO_3^- se mantuvo con un valor constante de 1 mg/L en la mayoría de los puntos, exceptuando el punto 6, donde se apreció disminución a partir de 2 mg/L hasta 1 mg/L. Este punto de por sí es algo particular ya que está ubicado en un tramo de zanja que no atraviesa la ciudad.

Cardona y García (2008) en su investigación señalan situaciones que se pudieran catalogar como similares a las obtenidas en este trabajo y fue el comportamiento no regular de los compuestos nitrogenados. Los autores discuten las diferentes situaciones a que se arribó con respecto a la variabilidad de los iones NH_4^+, NO_2^- y NO_3^- con el empleo de ME sobre el residual doméstico, en estrecha relación con la concentración de oxígeno, que se presentó con baja disponibilidad y que de cierta forma es el responsable de los procesos de nitrificación y desnitrificación que se producen en las aguas residuales.

Fósforo inorgánico: el PO_4^{3-} en ocho de los 10 puntos, mostró el comportamiento que se esperaba, disminuyendo fundamentalmente en el orden de las décimas de mg/L a las 24 h hasta concentraciones entre 0,2 y 0,3 mg/L.

En otros dos puntos aumentó este parámetro, estimulado en el caso del punto 0 por la inyección de contaminantes que ocurre aguas arriba, y en el punto 2, al incremento del número de habitantes, con concentraciones a las 24 h de 0,5 mg/L, lo que se explica por el aumento de residuos domésticos, conformado fundamentalmente por detergentes y los productos de limpieza.

Cabe destacar que estos incrementos fueron muy discretos. En todos los puntos muestreados, a las 48 h de aplicado el Versaklin, se produjo nuevamente un incremento en la concentración de este ion (figura 4).

Cardona y García (2008) en sus estudios enfatizan que los PO_4^{3-} en la experimentación por ellos realizada y que incluyó diferentes dosis de ME sobre agua residual doméstica, no presentaron prácticamente variaciones en el tiempo, de ahí que, como estrategia para eliminar este ion, no se recomienda el empleo de ME.

Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales: los coliformes fecales, después de incorporado el producto, disminuyeron en nueve de los 10 puntos de muestreo (con excepción del 9 por haber sido aplicado 2 km antes del punto de monitoreo), desde 1 $x10^6$ NMP/100 mL hasta 2 NMP/100 mL para el período evaluado.

Este proceder muestra la gran contribución del Versaklin para disminuir o eliminar contaminación fecal, hasta concentraciones de coliformes fecales por debajo de lo que indica la norma NC 27 (2012), en estos casos 1 000 NMP/100 mL.

Acerca de los microorganismos Kyan et al. (1999) plantean que, de manera general, ellos son capaces de mineralizar la materia orgánica de manera rápida y efectiva, y convertir las aguas

residuales en productos no tóxicos para determinados usos, incluyendo desde aguas albañales hasta las que se generan en los procesos industriales, aunque la ventaja radica no solo para remediar aguas contaminadas, sino también para mejorar la calidad de los suelos con vistas a su uso en los cultivos, para beneficiar las aguas que beben los animales de corral, para la cría de animales acuáticos (peces y crustáceos), para la fermentación de ciertos alimentos, para eliminar olores en los tanques sépticos, etcétera.

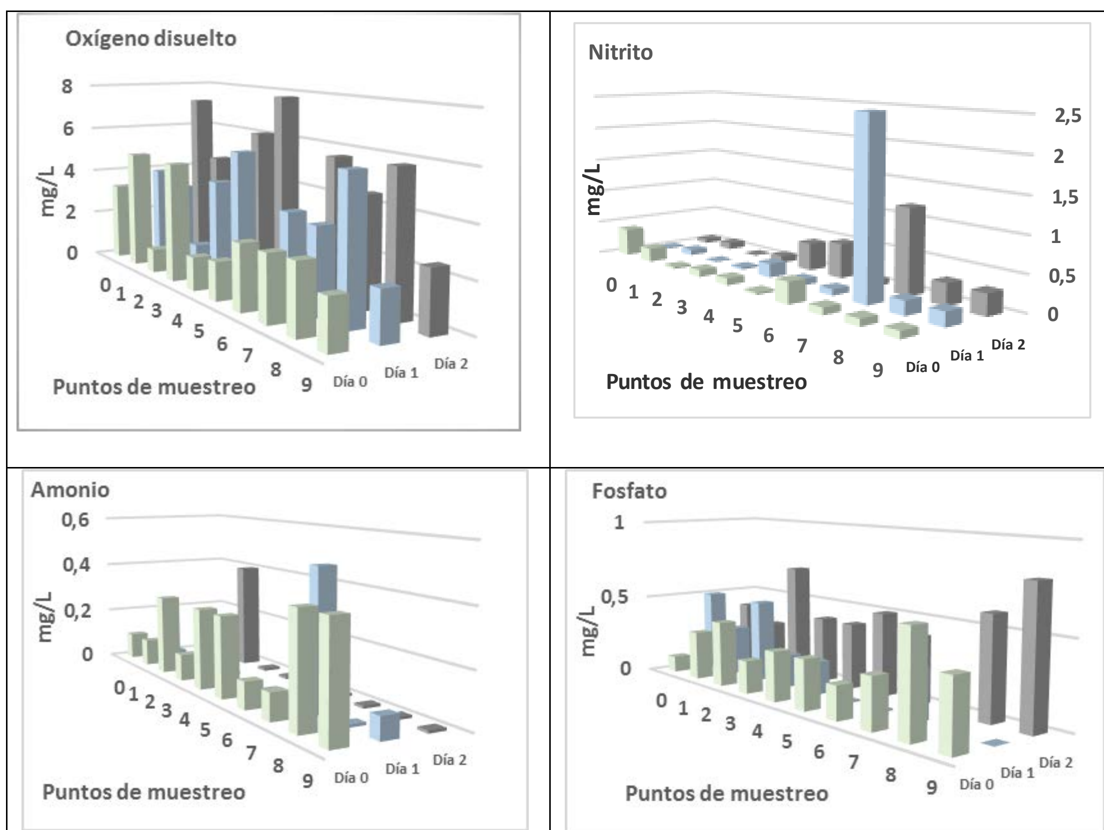


Figura 4. Comportamiento de los diferentes parámetros analizados

Sin embargo, además del uso de ME en las aguas para combatir promotores de enfermedades venéreas, existe el control o supresión de los mismos por procesos naturales, debido al comportamiento competitivo o antagónico que los caracteriza (Kyan et al. 1999).

En las condiciones del mundo moderno, el uso de ME es una opción muy atractiva, que se puede aplicar con un mínimo de gastos y un máximo de beneficios, por lo que la continuidad de su estudio como biorremediadores de ambientes contaminados, tanto por materia orgánica, como por microorganismos patógenos, es una meta a cumplimentar en los años venideros a modo de contar con un ambiente más saludable y limpio.

CONCLUSIONES

- El producto Versaklin es capaz de ejercer su influencia degradadora sobre la materia orgánica existente en las zanjas conductoras de aguas, enriquecidas con residuales orgánicos de origen humano fundamentalmente, así como sobre los microorganismos presentes.

- Los parámetros físicos evaluados los días de muestreo seleccionados, presentaron una tendencia a la estabilidad; los parámetros químicos de control de la contaminación DBO_5, DQO y OD también disminuyeron en su gran mayoría, así como los bacteriológicos, ajustándose a lo reportado por la experiencia internacional consultada.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos y de la Empresa de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos de Mayabeque por brindar la información recopilada en su trabajo de campo, respecto a los análisis de agua en los diferentes puntos del polígono experimental.

REFERENCIAS

Agüero Y. (2013). “Indicaciones administrativas y técnicas para la implementación en Cuba de la utilización de microorganismos eficientes: tratamiento de agua y aguas residuales en lugares de interés para el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos”. Informe Técnico. Sistema de Gestión de la Calidad. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Habana.

APHA (2005). “Standard methods for the examination of water and wastewater”. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. 21st edition, ISBN-13:978-0875530475. Public Health Association, Washington, USA.

Atkinson T. C. and Davis P. M. (2000). “Longitudinal dispersion in natural channels. 1. Experimental results from the river Severn”. Hydrology and Earth System Since. 4 (3): 345-353, European Geosciences Union, ISSN: 1812-2108, United Kingdom.

Cardona G. J. y García G. L. A. (2008). “Evaluación del efecto de los microorganismos eficaces (ME) sobre la calidad de un agua residual doméstica”. Tesis en opción a la carrera de Microbiología Industrial. Facultad de Ciencias. Bogotá, D. C. 159 pp. Extraído de http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis204.pdf en agosto de 2017.

EEAITAJ (2013). “Microorganismos Eficaces (EM)”. Estación Experimental Agropecuaria para la Instalación de Tecnologías Apropiadas de Japón. Soriano, Uruguay. Extraído de http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos_Eficaces_EM_Presentacion_breve.pdf en abril de 2017.

EM Yucatán (s/a). “Microorganismos efectivos. El uso de EM en hoteles, gastronomía y lugares públicos”. Mérida-Yucatán, México. Extraído de http://www.emyucatan.com en junio de 2016.

García O. (2001). "Evaluación de un modelo en laboratorio de tratamiento de lodos activados con aguas residuales de la industria láctea". Tesis Lic. en Ing. Industrial. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 101 pp.

Kyan T., Shintani M., Kanda S., Sakurai M., Ohashi H., Fujisawa A. and Pongdit S. (1999). "Kyusei nature farming and the technology of the effective microorganisms". Guidelines for practical use. Asia Pacific Natural Agriculture Network (APNAN), Bangkok, Thailand. International Nature Farming Research Center (INFRC), Atami, Japan. 44 pp.

López M. V. (1981). "Tratamiento biológico de aguas residuales en prospectiva de la biotecnología en México". Editorial CONACYT, México. pp. 259-284.

Metcalf y Eddy (2001). "Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización". Tercera Edición. Tomo 1. ISBN: 13: 9789701010044, Edit. McGraw-Hill Spanish. 1485 pp.

NC 27 (2012). "Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillado-especificaciones". Norma Cubana obligatoria. 11 pp. Oficina Nacional de Normalización, La Habana. Cuba.

OMS (2013). "Water Quality and Health Strategy 2013-2020". Miscellaneous Publication. World Health Organization (WHO). Extraído de: https://nl.ircwash.org/node/74256 en agosto 2017.

Romero L. T., Martínez G. Y., Masó M. A. y Vargas M. D. (2016). "Aplicación de microorganismos eficientes en aguas residuales. 1- Microorganismos eficientes en la depuración de las aguas (Parte I). 2- Aplicación de modelos de dispersión de contaminantes (Parte 2) ". Informe Contrato de Prestación de Servicio Científico Técnico. La Habana. 22 pp.

Toc A. R. M. (2012). "Efecto de los microorganismos eficientes (ME) en las aguas residuales de la granja porcina de Zamorano, Honduras". Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura. Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. Zamorano, Honduras. 22 pp. Extraído de https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1039/1/T3265.pdf en agosto de 2017.

Vargas M. D. (2014). "Microorganismos eficientes en el tratamiento de las aguas residuales". Trabajo de Diploma en Ing. Hidráulica. CIH. Facultad de Ingeniería Civil. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae). Habana. Cuba. 74 pp.